

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2001230190 A**

(43) Date of publication of application: **24.08.01**

(51) Int. Cl. **H01L 21/027**  
**G03F 7/20**  
**H01J 37/141**  
**H01J 37/147**

(21) Application number: **2000041521**

(71) Applicant: **NIKON CORP**

(22) Date of filing: **18.02.00**

(72) Inventor: **NAKANO KATSUSHI**

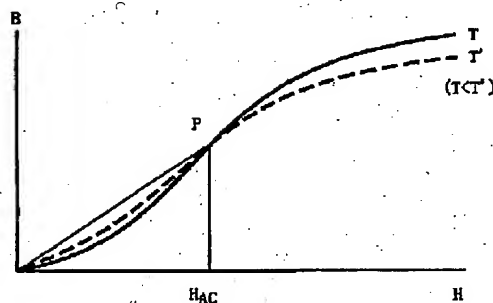
(54) **FERRITE, CHARGED PARTICLE BEAM  
EXPOSURE DEVICE AND METHOD FOR  
MANUFACTURING SEMICONDUCTOR DEVICE**

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a ferrite for not giving an influence to a charge particle beam even the temperature changes.

SOLUTION: When the temperature is raised from a certain temperature  $T$  to  $T'$ , a saturated magnetic flux density is reduced, an initial permeability is increased, and hence an initial magnetization curve is crossed at a point  $P$ . This point  $P$  does not changed almost at all even when values of  $T$ ,  $T'$  are changed. When the ferrite is selected so that the intensity of this magnetic field in the ferrite when a charged particle beam exposure device becomes near  $H_{AC}$ , even when the temperature changes, it does not affect the charged particle beam.



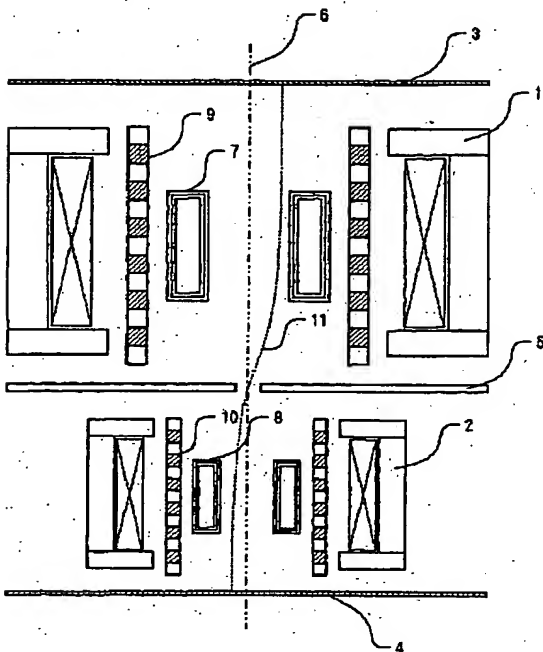
**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

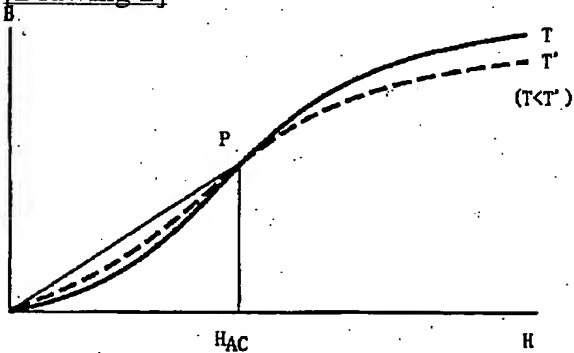
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

**DRAWINGS**

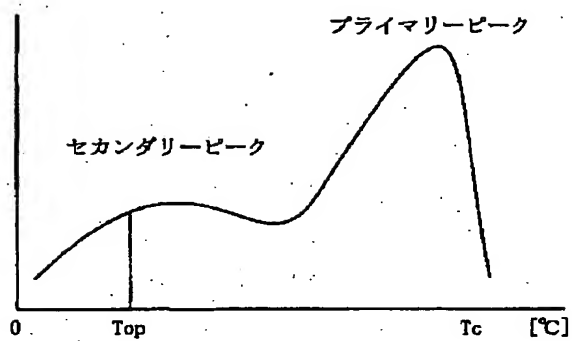
[Drawing 1]



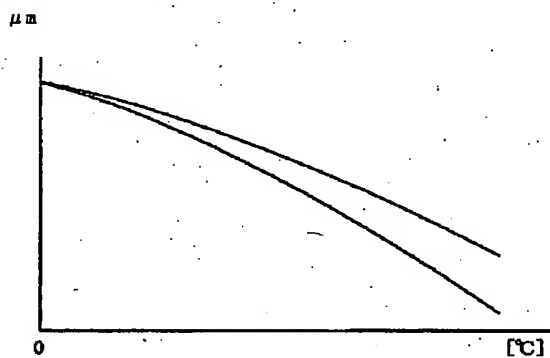
[Drawing 2]



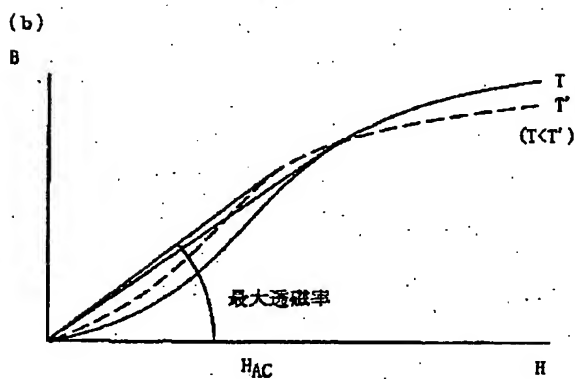
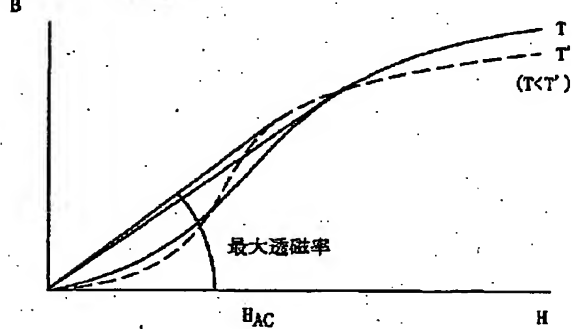
[Drawing 3]



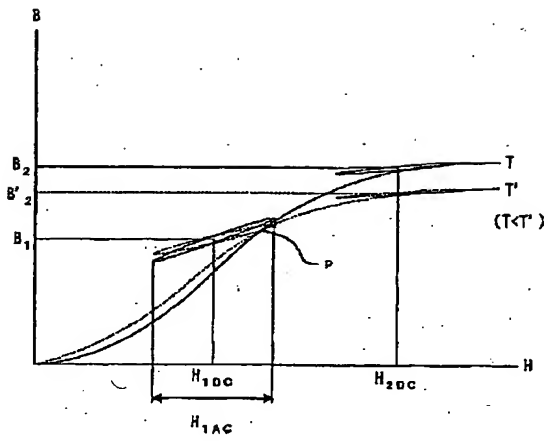
[Drawing 4]



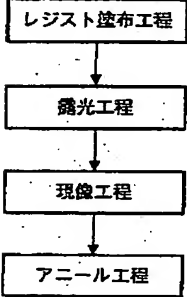
[Drawing 5]



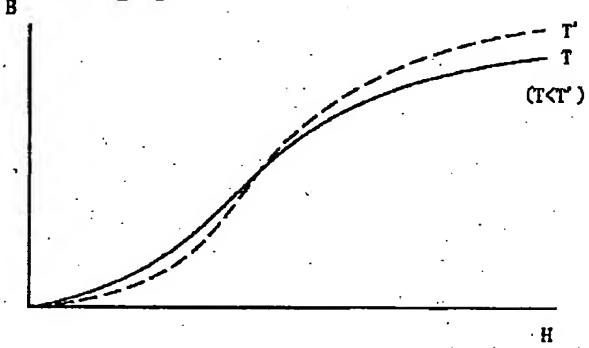
[Drawing 7]



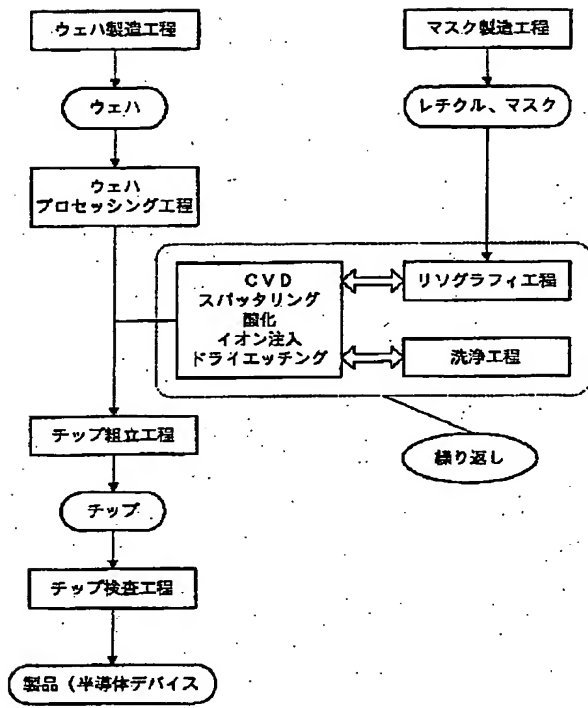
[Drawing 9]



[Drawing 6]



[Drawing 8]



[Translation done.]

**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to the manufacture method of the ferrite used for a charged-particle line aligner, the charged-particle line aligner which used it, and the semiconductor device which used it.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, the aligner using the charged-particle line represented by the electron beam is developed with detailed-izing of a semiconductor device. Since the rectilinear-propagation nature of a beam is good compared with light, exposure of a configuration more detailed than light of an electron beam is enabled.

[0003] The outline of the imprint optical system of electron-beam-lithography equipment is shown in drawing 1. As for deflecting system, and 9 and 10, for dispersion aperture and 6, in drawing 1, a system shaft, and 7 and 8 are [ 1, the wafer a reticle and whose 4 2 is induction substrate sides as for a lens and 3, and 5 / a ferrite stack and 11 ] the deviation orbits of an electron ray.

[0004] A ferrite stack consists of a ring laminating of a nonmagnetic ferrite and the ferrite of high permeability. The ring is symmetrical from the purpose to the same shaft as the shaft of a lens, and the inradius, a circumradius, thickness, etc. are appropriately set to fulfill the given conditions by the designer. Although the portion of a nonmagnetic ferrite may not exist, preparing from a viewpoint of assembly precision is desirable. The property of the ferrite stack made into the problem on these specifications is the property of the ferrite of high permeability.

[0005] A reticle 3 is irradiated by the electron ray by the lighting optical system which is not illustrated, image formation of the electron ray which passed the pattern on it is carried out on a wafer with two lenses 1 and 2, and it carries out the reduction imprint of the pattern on a reticle 3 on a wafer 4. Between the lens 1 and the lens 2, the dispersion aperture 5 for cutting the scattered radiation is formed. Deflecting system 7 and 8 deflects an electron ray so that the electron ray which left the position of a mask 3 may ride on the deviation orbit 11 of a predetermined electron ray, may pass the dispersion aperture 5 and may carry out image formation to the position of a wafer 4, and also it is performing the operation which removes distortion and aberration of an image.

[0006] An eddy current occurs to the metal which constitutes lenses 1 and 2 under the influence of the alternating current magnetic field which deflecting system 7 and 8 generates, and the ferrite stacks 9 and 10 are bearing the duty which prepares the configuration of the lens magnetic field by the creation error of a lens while preventing occurring the magnetic action to an electron ray which is not meant. Moreover, the ferrite is used for the heart of deflecting system etc. in order to make the magnetic field which an electromagnetic lens besides the ferrite stacks 9 and 10 generates act on an optical axis efficiently.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In the case of the imprinted type electron-beam-lithography equipment especially represented by the division imprint aligner, the high throughput has been obtained by enlarging comparatively the beam current of an illumination system and an imprint system, and exposing it. However, in order to expose with big current, it is necessary to suppress dotage of the image by the coulomb effect. In order to suppress dotage of the image by the coulomb effect, it is necessary to accelerate the electron ray to irradiate on comparatively high

voltage, or to shorten the reticle of imprint optical system, and the distance between wafers. Consequently, it must be made to take a predetermined reduction orbit and a predetermined deviation orbit between the short flights of a charged-particle line, and it is necessary to increase the current which flows to a lens and deflecting system for the reason.

[0008] Moreover, in order to obtain a high throughput in the case of the imprinted type electron-beam-lithography equipment represented by the division imprint aligner, it is necessary to reduce the number of times which an induction substrate skips mechanically or turns up a scan, and to decrease the overhead time concerning an induction substrate stage standing still or driving by extending a deviation field as much as possible. Since deviation distance is proportional to the exciting current of deflecting system, in order to give a large deviation to an electron ray, it must give a big exciting current to deflecting system.

[0009] Thus, elements, such as a lens and deflecting system, tend to need the bigger current for realization of a higher throughput, and generation of heat by this exists not a little. When the temperature of an element is changed during exposure operation, change occurs in the configuration of a magnetic field of corresponding according to the magnetic properties of the material which constitutes these. Therefore, although the efforts on a design had been paid so that the error by the temperature change of a lens, deflecting system, etc. might be conventionally made into a predetermined value, as a result of research of artificers, it turns out that there is an error by the temperature change which it cannot finish removing even if it makes these small, and it was thought that there would be another generating factor.

[0010] When this invention persons investigated this cause, it turns out that ferrites including the ferrite stacks 9 and 10 which exist between the deflecting system and the lenses with which the conventional attention was not paid change the deflection sensitivity of deflecting system remarkably in connection with a temperature change, and they cause a position gap of an image, an increase in dotage, etc. in an induction substrate. That is, although these ferrites were conventionally cooled with the refrigerant, the frequency which scans an electron ray, and since generation of heat of a coil changed with dynamic amendments, it was not fully able to prevent the temperature change of ferrites only by cooling by the refrigerant.

[0011] Let it be a technical problem for this invention to offer the manufacture method of a ferrite which does not affect the property of a charged-particle line even if it was made based on such knowledge and temperature changes, a charged-particle line aligner with small generating of a position gap of an image or dotage, and the semiconductor device which used it.

[0012]

[Means for Solving the Problem] The 1st means for solving the aforementioned technical problem is a ferrite used for a charged-particle line aligner, and is a ferrite (claim 1) in which the initial magnetization curve in different temperature has the property which crosses mutually in the value of a desired magnetic field.

[0013] The example of an B-H curve in case the initial magnetization curve in different temperature crosses drawing 2 is shown. In this example, if temperature rises and it becomes  $T'$  from a certain temperature  $T$ , since saturation magnetic flux density will decrease and initial permeability will increase, an initial magnetization curve crosses at P points. These P points hardly change, even if the value of  $T$  and  $T'$  changes. Magnetic field strength at this time is set to HAC.

[0014] When deflecting system operates now, the magnetic field impressed to this ferrite presupposes that it is equal to HAC, and considers amplitude permeability. With amplitude permeability, the permeability obtained from the flux density when impressing the magnetic field of AC from which a time-average value is set to 0 to the ferrite in a demagnetization state, and the maximum of magnetic field strength is broken by space permeability. In drawing 2, this draws a straight line at a zero from the place P on the initial magnetization curve in the value (HAC) of the amplitude of AC magnetic field to impress, and is equivalent to what broke the slope of a line by space permeability.

[0015] Here, in an actual charged-particle line aligner, in order that deflecting system may scan a charged-particle line, such an AC magnetic field is generated. If a ferrite stack is near this deflecting system and the temperature is changed, permeability will be changed in connection with it. Therefore, the position of a beam carries out a drift and it has serious influence for exposure. The



size of AC magnetic field which this deflecting system generates is simultaneously regularity. Therefore, if the property of a ferrite is adjusted so that the amplitude permeability in the value of the magnetic field which the deflecting system generates may not carry out a temperature change, the temperature stability of deflecting system can be raised.

[0016] That is, if a ferrite is selected so that the amplitude of the magnetic field which deflecting system generates may serve as Above HAC in the position of a ferrite stack, amplitude permeability will be changeless at the case where the temperature of a ferrite is in operation temperature, and the case where a temperature rise is carried out. That is, even if the temperature change of a ferrite happens, there is no change of the flux density on an optical axis, and there is no influence in an electron or an ion beam.

[0017] The 2nd means for solving the aforementioned technical problem is the 1st means of the above, and saturation magnetic flux density decreases by the rise of temperature, and it is characterized by adjusting the secondary peak of initial permeability to temperature higher than the operation temperature of a ferrite.

[0018] The temperature characteristic of the initial permeability ( $\mu_i$ ) of a ferrite general to drawing 3 is shown typically. The temperature characteristic of initial permeability has two peaks, as shown in drawing 3. A high peak is called primary peak and a low peak is called secondary peak. Although a primary peak takes a high value and depends for the temperature into material strongly just before the Curie point ( $T_c$ ), it is about 200 degrees C, for example. The conditions at the time of calcinating the material and the ferrite of a ferrite can adjust this Curie point. The position and height of a secondary peak can also be similarly set up freely according to combination and the baking conditions of a magnetic material. Therefore, the situation of the curve of the valley between a primary peak and a secondary peak can also be adjusted.

[0019] If, as for saying [ that the secondary peak is adjusted to temperature higher than the operation temperature of a ferrite ], temperature rises rather than operation temperature, initial permeability means going up along with it. Therefore, when saturation magnetic flux density decreases by elevation of temperature with such a material, the initial magnetization curve in different temperature surely crosses mutually. Therefore, the 1st means of the above is realizable by adjusting combination and the baking conditions of a magnetic material and both being made to be filled simultaneously.

[0020] Here, the position of the point P of drawing 2 which is the position at which an initial magnetization curve crosses can be set as arbitrary positions by adjusting the position and height of a secondary peak. That is, in drawing 3, the variation by the temperature change of the inclination of the curve which shows the initial permeability in near operation temperature can be set up arbitrarily. When enlarging variation of this inclination and there is a temperature change of a ferrite, the inclination in the zero of an initial magnetization curve shown in drawing 2 changes a lot. Therefore, magnetic field strength is a stronger point and an initial magnetization curve when temperature changes comes to cross the initial magnetization curve of operation temperature. That is, temperature change of the value of amplitude permeability when the amplitude of a magnetic field is large can be suppressed now.

[0021] On the other hand, the position at which an initial magnetization curve crosses can be adjusted also by adjusting the temperature characteristic of saturation-magnetic-flux-density  $\mu_m$  shown in drawing 4. As shown in drawing 4, generally elevation of temperature decreases saturation-magnetic-flux-density  $\mu_m$  of a ferrite. Combination and the baking conditions of ferrite material can adjust the inclination condition of this reduction. In this case, if there is no position of a secondary peak in a position higher than operation temperature as a premise, an initial magnetization curve does not cross. If the material and the baking conditions of a ferrite are set up under the conditions so that the inclination of the reduction curve of the temperature characteristic of saturation magnetic flux density may be enlarged, the value of the flux density of the large field of the magnetic field of an initial magnetization curve shown in drawing 2 will decrease greatly by the temperature rise. Therefore, magnetic field strength can shift the point P position at which an initial magnetization curve crosses in the small direction.

[0022] The 3rd means for solving the aforementioned technical problem is the 1st means of the above, and saturation magnetic flux density decreases by elevation of temperature, and it is characterized by being what the maximum permeability increases along with the temperature rise of

a ferrite.

[0023] The maximum permeability is the value which broke by space permeability the permeability decided from the inclination of the tangent drawn in the B-H curve from the zero. If the maximum permeability increases along with elevation of temperature when the saturation magnetic flux density of a ferrite decreases by elevation of temperature, the initial magnetization curve in different temperature surely crosses mutually, as shown in drawing 5 . In addition, as shown in drawing 5 (a), there may be two points that an initial magnetization curve crosses:

[0024] And the point that an initial magnetization curve crosses can be changed by changing the maximum permeability and the rate of increase by the temperature. Let the maximum permeability and the rate of increase by the temperature be the values of hope by setting up the material and the baking conditions of a ferrite suitably. Moreover, also in this means, the position at which an initial magnetization curve crosses can be adjusted for the same reason with having explained in the 2nd means of the above also by adjusting the temperature characteristic of saturation-magnetic-flux-density mum shown in drawing 4 .

[0025] The 4th means for solving the aforementioned technical problem is the 1st means of the above, and saturation magnetic flux density increases by elevation of temperature, and it is characterized by adjusting the secondary peak of initial permeability to low temperature from the operation temperature of a ferrite.

[0026] Although the saturation magnetic flux density of a ferrite generally decreases by elevation of temperature, depending on selection of the component and baking conditions, it may increase by elevation of temperature. In this case, if the secondary peak of the initial permeability of the ferrite is adjusted so that it may become low temperature from the operation temperature of a ferrite, since initial permeability will fall with elevation of temperature, as shown in drawing 6 , the initial magnetization curve in different temperature surely crosses mutually.

[0027] Therefore, the 1st means of the above is realizable by adjusting combination and the baking conditions of a magnetic material and both being made to be filled simultaneously. In addition, in this means, although the operation temperature of a ferrite must be lower than the temperature equivalent to the valley of the secondary peak of initial permeability, and a primary peak, in the usual charged-particle line aligner, operation temperature of a ferrite is not made higher than such temperature.

[0028] The 5th means for solving the aforementioned technical problem is the 1st means of the above, and saturation magnetic flux density increases by elevation of temperature, and it is characterized by being that to which the maximum permeability falls along with the temperature rise of a ferrite.

[0029] Also in this case, the initial magnetization curve in different temperature surely crosses mutually. Therefore, the 1st means of the above is realizable by adjusting combination and the baking conditions of a magnetic material and both being made to be filled simultaneously.

[0030] The 6th means for solving the aforementioned technical problem is either of the 1st means of the above to the 5th means, and it is characterized by making almost equal to the amplitude position of the alternating current magnetic field which the deflecting system near [ the ] the ferrite generates the magnetic field of the position where an initial magnetization curve crosses.

[0031] This means is effective when the magnetic field which there is no electromagnetic lens etc. near the deflecting system, and is impressed to a ferrite is a thing only from deflecting system substantially. In such a case, if a ferrite is selected so that the amplitude of the magnetic field which deflecting system generates may serve as HAC in aforementioned drawing 2 in the position of a ferrite stack as explanation of the 1st means of the above described, amplitude permeability will be changeless at the case where the temperature of a ferrite is in operation temperature, and the case where a temperature rise is carried out. That is, even if the temperature change of a ferrite happens, there is no change of the flux density on an optical axis, and there is no influence in an electron or an ion beam.

[0032] The 7th means for solving the aforementioned technical problem is either of the 1st means of the above to the 5th means, and it is characterized by setting up almost equally to the value of the magnetic field which the electromagnetic lens near [ the ] the ferrite generates the magnetic field of the position where an initial magnetization curve crosses.

[0033] The magnetic field which acts on the ferrite inside a charged-particle line aligner also has DC magnetic field which the electromagnetic lens other than AC magnetic field which deflecting system generates. An electromagnetic lens is a lens which passes a direct current in a coil and condenses a charged particle. The flux density which this electromagnetic lens generates a magnetic field and it makes on an optical axis is not related to amplitude permeability. The force which deflects a charged particle and condenses is a Lorentz force, and the outer product of flux density  $B$  and a charge can describe it. That is, about the case where DC magnetic field is impressed to a ferrite, the flux density which influences a charged particle directly needs to carry out as [ stably ] to temperature.

[0034] Drawing 7 impresses first the magnetic field of DC which an electron lens generates to a ferrite, and shows the flux density generated when deflecting system generates AC magnetic field after that. When the temperature of a ferrite is the operation temperature  $T$ , supposing the magnetic field strength by the electron lens is  $H1DC$  first, a ferrite will be magnetized along with an initial magnetization curve. Here, let the value of  $H1DC$  be a value somewhat lower than the point  $P$  that the initial magnetization curve of the ferrite which carried out the temperature change crosses. Next, if deflecting system is excited and magnetic field  $H1AC$  is generated,  $BH$  curve in the interior of a ferrite will draw the small hysteresis loop. This is called local loop (local hysteresis loop).

[0035] The size of the vertical axis of this loop is the flux density generated inside a ferrite at this time, and the value changes like a solid line. Here, since an initial magnetization curve changes to what is shown with a dashed line when the temperature of a ferrite changes to  $T'$ , it moves to the position which also shows a local loop to a dashed line. However, since the initial magnetization curve from which temperature differs crosses at Point  $P$ , even if, as for the form, a local loop when temperature changes also changes, a center position hardly changes. Therefore, the size of the flux density on an optical axis also has little change, and the position of a beam is stabilized to temperature.

[0036] on the other hand, the position of the point  $P$  that the initial magnetization curve from which temperature differs crosses -- electromagnetism -- the case where it is separated with DC magnetic field which a coil generates is explained. When the intensity of DC magnetic field is  $H2DC$ , since the position of an initial magnetization curve changes a lot, in connection with it, it moves greatly by temperature change of a ferrite also in the center position of the local loop by deflecting system. That is, the center position of the flux density of the local loop inside a ferrite changes from  $B-2$  to  $B'2$  a lot, and the flux density on an optical axis is also sharply changed in connection with it. A position gap of a beam is caused as a result and it has serious influence for exposure.

[0037] in addition, this means and the means of the after-mentioned octavus -- setting -- " -- " means almost equally the range from which a gap of the center position of the flux density of the aforementioned local loop does not pose a property top problem of an aligner, and this contractor can determine the value easily according to the design condition of a charged-particle line

[0038] Moreover, it is separated [ from this means ] of the position of an electromagnetic lens and deflecting system, when there is no influence of deflecting system, it can be applied, and it can make small change of the property of the electromagnetic lens by the temperature change of a ferrite in that case. In this case, as for the value of the magnetic field of the position where an initial magnetization curve crosses, it is desirable to carry out near to the value of the magnetic field which the electromagnetic lens near [ the ] the ferrite generates if possible.

[0039] The means of the octavus for solving the aforementioned technical problem is either of the 1st means of the above to the 5th means, and is characterized by setting up almost equally to the value of the sum of the magnetic field which the electromagnetic lens near [ the ] the ferrite generates, and the direct-current magnetic field which deflecting system generates the magnetic field of the position where an initial magnetization curve crosses.

[0040] In the 7th means of the above, this means is effective, when the direct-current magnetic field has occurred also from deflecting system. Since the operation effect is the same as what was explained with the 7th means of the above, explanation is omitted.

[0041] The 9th means for solving the aforementioned technical problem is a means of the aforementioned octavus, and it is characterized by setting up the center of the local loop of the  $B-H$  curve of the ferrite drawn when operating deflecting system near the value which does not change

with the temperature changes of a ferrite with the above "set up almost equally."

[0042] The point which DC magnetic field gave and moved the shape of an initial permeability curve by the amplitude of AC magnetic field from \*\*\*\*\* (it moves to the upper right drawing) is started as an origin, and a local loop serves as a curve which separated from an initial permeability curve so that drawing 7 may also show. If the first AC excitation is impressed in the direction which strengthens a magnetic field, a local loop will be formed in the curve bottom of initial permeability as shown in drawing. Therefore, when the value of H1DC in drawing 7 was made into the magnetic field corresponding to P points and the temperature of a ferrite changes, the center of a local loop changes. Therefore, when temperature changes by making the value of H1DC smaller than the magnetic field corresponding to P points, it is made for the center of a local loop not to change in drawing 7.

[0043] When similarly the first AC excitation was impressed in the direction which weakens a magnetic field and temperature changes by making the value of H1DC larger than the magnetic field corresponding to P points, you have to make it the center of a local loop not have to change.

[0044] Since according to this means it is set up near [ where the center of a local loop does not change with the temperature changes of a ferrite ] the value so that the value of a direct-current magnetic field may come therefore, the size of the flux density on an optical axis also has little change, and the position of a beam is stabilized to temperature. In addition, the range from which a gap of the center position of the flux density of the aforementioned local loop does not pose a property top problem of an aligner is meant "near the value not changing", and this contractor can determine the value easily according to the design condition of a charged-particle line.

[0045] The 10th means for solving the aforementioned technical problem is a charged-particle line aligner (claim 10) which has either among the 1st means of the above to the 9th means, and is characterized by the bird clapper.

[0046] In this means, since the influence a charged-particle linear-light study system is influenced by the temperature change of a ferrite is small, a position gap of an image, an increase in dotage, etc. in an induction substrate can be prevented. Therefore, exposure imprint precision can be raised.

[0047] The 11th means for solving the aforementioned technical problem is the manufacture method (claim 11) of the semiconductor device which has the process which carries out the exposure imprint of the circuit pattern prepared in the mask or the reticle at a wafer using the charged-particle line aligner which is the 10th means of the above, and is characterized by the bird clapper.

[0048] In this means, since an exact exposure imprint can be performed, the highly-integrated semiconductor which has a detailed pattern can be manufactured with the sufficient yield.

[0049]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, the example of the gestalt of operation of this invention is explained using drawing. Drawing 1 shows the outline of the electron-beam-lithography equipment which is one example of the gestalt of operation of this invention, and there is no place which a ferrite stack is special and also replaces the gestalt of this operation with the conventional thing. As for deflecting system, and 9 and 10, for dispersion aperture and 6, in drawing 1, a system shaft, and 7 and 8 are [ 1, the wafer a reticle and whose 4 2 is induction substrate sides as for a lens and 3, and 5 / a ferrite stack and 11 ] the deviation orbits of an electron ray.

[0050] A reticle 3 is irradiated by the electron ray by the lighting optical system which is not illustrated, image formation of the electron ray which passed the pattern on it is carried out on a wafer with two lenses 1 and 2, and it carries out the reduction imprint of the pattern on a reticle 3 on a wafer 4. Between the lens 1 and the lens 2, the dispersion aperture 5 for cutting the scattered radiation is formed. Deflecting system 7 and 8 deflects an electron ray so that the electron ray which left the position of a mask 3 may ride on the deviation orbit 11 of a predetermined electron ray, may pass the dispersion aperture 5 and may carry out image formation to the position of a wafer 4, and also it is performing the operation which removes distortion and aberration of an image.

[0051] An eddy current occurs to the metal which constitutes lenses 1 and 2 under the influence of the alternating current magnetic field which deflecting system 7 and 8 generates, and the ferrite stacks 9 and 10 are bearing the duty which prepares the configuration of the lens magnetic field by the creation error of a lens while preventing occurring the magnetic action to an electron ray which is not meant. Thus, the ferrite is used in order to make the magnetic field which an electromagnetic

lens besides the ferrite stacks 9 and 10 generates act on an optical axis efficiently.

[0052] The direct-current magnetic field which is equivalent to H1DC of drawing 7 from a lens 1 is acting on the ferrite stack 9 in drawing 1, and the alternating current magnetic field which is equivalent to H1AC of drawing 7 with deflecting system 7 is acting on it. If that from which saturation magnetic flux density falls by the temperature rise, and initial permeability increases the ferrite used for this ferrite stack 9 is selected, consequently the temperature of a ferrite changes to T' from the operation temperature T, although an initial magnetization curve will change from the solid line of drawing 7 like a dashed line, both cross at Point P. By adjusting the component and baking conditions, this ferrite is made so that the magnetic field corresponding to Point P may become a value somewhat higher than the aforementioned direct-current magnetic field H1DC.

[0053] Therefore, if alternating current magnetic field H1AC by deflecting system acts in an exposure state, a local loop as a magnetic field shows as the solid line centering on H1DC will be made. Although a dashed line comes to show a local loop when temperature changes to T', the center hardly changes from what was shown as the solid line. Therefore, even if the temperature of the ferrite stack 9 changes, the influence which it has on electron ray optical system is very slight. In addition, the ferrite stack 10 is also selecting and using the ferrite by the same design concept.

[0054] Thus, in the form of this operation, since there is little influence which it has on electron ray optical system even if the temperature of the ferrite stacks 9 and 10 changes, a position gap of an image, an increase in dotage, etc. in a wafer side can be prevented. Therefore, even if it is a detailed pattern, an exposure imprint can be performed correctly.

[0055] Hereafter, the example of the form of implementation of the manufacture method of the semiconductor device concerning this invention is explained. Drawing 8 is a flow chart which shows an example of the semiconductor-device manufacture method of this invention. The manufacturing process of this example includes each following main process.

\*\* The wafer manufacturing process which manufactures a wafer (or wafer preparation process of preparing a wafer)

\*\* The mask manufacturing process which manufactures the mask used for exposure (or mask preparation process of preparing a mask)

\*\* It starts at a time one chip formed on the wafer processing process \*\* wafer which performs processing processing required for a wafer, and consists of a sub process of further some [ process / each ] whose chip erector who makes operation become possible \*\* Is the chip inspection process which inspects the chip which was able to be done.

[0056] The main process which has decisive influence on the performance of the device of a semiconductor in these main processes is a wafer processing process. At this process, the laminating of the designed circuit pattern is carried out one by one on a wafer, and much chips which operate as memory or MPU are formed. This wafer processing process includes each following process.

\*\* The thin film formation process which forms the metal thin film which forms the dielectric thin film used as an insulating layer, the wiring section, or the electrode section (CVD, sputtering, etc. are used)

\*\* The etching process which processes a thin film layer and a substrate according to the lithography process \*\* resist pattern which uses a mask (reticle) and forms the pattern of a resist in order to process alternatively an oxidization process \*\* thin film layer, a wafer substrate, etc. which oxidize this thin film layer and wafer substrate (for example, dry etching technology is used)

\*\* A wafer processing process performs repeatedly only the required number of layers which is the inspection process which inspects the wafer processed into the ion and impurity pouring diffusion process \*\* resist exfoliation process \*\* pan, and manufactures the semiconductor device which operates as a design.

[0057] Drawing 9 is a flow chart which shows the lithography process which makes the nucleus of the wafer processing process of drawing 8. This lithography process includes each following process.

\*\* About the semiconductor-device manufacturing process beyond the annealing process for stabilizing the resist pattern which develops the resist which exposes the resist application process \*\* resist which carries out the coat of the resist on the wafer with which the circuit pattern was formed at the process of the preceding paragraph, and of which exposure process \*\* exposure was done, and

obtains the pattern of a resist and of which development process \*\* development was done, a wafer processing process, and a lithography process, it is a well-known thing and explanation beyond this will not be required.

[0058] In the gestalt of this operation, since electron-beam-lithography equipment as shown with the gestalt of operation is used for an exposure process, the exposure imprint of the detailed pattern can be carried out correctly, and it is possible to manufacture a highly-integrated semiconductor device with the sufficient yield.

[0059]

[Effect of the Invention] As explained above, even if the temperature change of a ferrite happens in invention which relates to a claim 1 among this inventions, change of the flux density on an optical axis can be lost, and the influence on an electron or an ion beam can be prevented. Invention which starts a claim 1 certainly in invention concerning a claim 5 from invention concerning a claim 2 is realizable.

[0060] In invention concerning a claim 6, when the magnetic field impressed to a ferrite is a thing only from deflecting system substantially, even if the temperature change of a ferrite happens, change of the flux density on an optical axis can be lost, and the influence on an electron or an ion beam can be prevented.

[0061] Since change of the center position of a local loop is small when operating deflecting system in invention concerning a claim 9 from invention concerning a claim 7, even if the temperature change of a ferrite happens, change of the flux density on an optical axis can be lost, and the influence on an electron or an ion beam can be prevented.

[0062] In invention concerning a claim 10, since a position gap of an image, an increase in dotage, etc. in an induction substrate can be prevented, exposure imprint precision can be raised. In invention concerning a claim 11, the highly-integrated semiconductor which has a detailed pattern can be manufactured with the sufficient yield.

---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-230190

(P2001-230190A)

(43) 公開日 平成13年8月24日 (2001. 8. 24)

(51) Int. CL <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーム(参考)
H 0 1 L 21/027		G 0 3 F 7/20	5 0 4 2 H 0 9 7
G 0 3 F 7/20	5 0 4	H 0 1 J 37/141	Z 5 C 0 3 3
H 0 1 J 37/141		37/147	C 5 F 0 5 6
37/147		H 0 1 L 21/30	5 4 1 B

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2000-41521(P2000-41521)

(22) 出願日 平成12年2月18日 (2000. 2. 18)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 中野 勝志

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(74) 代理人 100094846

弁理士 細江 利昭

Fターム(参考) 2H097 AG3 BB19 CA16 LA10

5C033 D003 D009 DE07 GC01

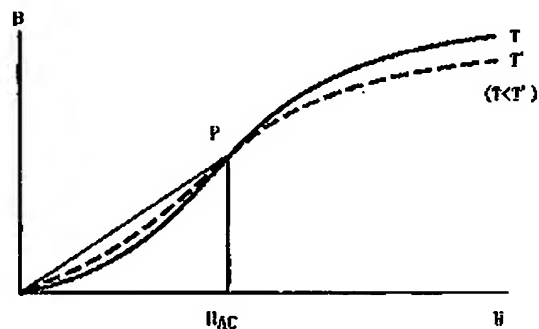
5F056 BA08 CB40 CC02 CC14 EA10

(54) 【発明の名称】 フェライト、荷電粒子線露光装置、及び半導体デバイスの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 温度が変化しても荷電粒子線の特徴に影響を与えないようなフェライトを提供する。

【解決手段】 ある温度Tより温度が上昇してT'となると、飽和磁束密度が減少し、初透磁率は増加するので、初磁化曲線はP点で交わる。このP点は、T、T'の値が変化してもほとんど変化しない。このときの磁界の強さをH<sub>AC</sub>とする。よって、荷電粒子線露光装置の作動時におけるフェライトにおける磁界の強さがH<sub>AC</sub>の近傍になるようにフェライトを選定すれば、温度が変化しても、荷電粒子線に影響が出ない。





## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 荷電粒子線露光装置に使用されるフェライトであって、異なる温度での初磁化曲線が、所望の境界の値において互いに交差する特性を持つフェライト。

【請求項2】 請求項1に記載のフェライトであって、飽和磁束密度が温度の上昇により減少するものであり、初透磁率のセカンダリーピークがフェライトの稼働温度より高い温度に調整されていることを特徴とするフェライト。

【請求項3】 請求項1に記載のフェライトであって、飽和磁束密度が温度の上昇により減少するものであり、最大透磁率がフェライトの温度上昇につれて増加するものであることを特徴とするフェライト。

【請求項4】 請求項1に記載のフェライトであって、飽和磁束密度が温度の上昇により増加するものであり、初透磁率のセカンダリーピークがフェライトの稼働温度より低い温度に調整されていることを特徴とするフェライト。

【請求項5】 請求項1に記載のフェライトであって、飽和磁束密度が温度の上昇により増加するものであり、最大透磁率がフェライトの温度上昇につれて低下するものであることを特徴とするフェライト。

【請求項6】 請求項1から請求項5のうちいずれか1項に記載のフェライトであって、初磁化曲線が交差する位置の境界が、そのフェライト近傍の偏向器が発生する交流磁界の振幅とほぼ等しく設定されていることを特徴とするフェライト。

【請求項7】 請求項1から請求項5のうちいずれか1項に記載のフェライトであって、初磁化曲線が交差する位置の境界が、そのフェライト近傍の電磁レンズが発生する磁界の値とほぼ等しく設定されていることを特徴とするフェライト。

【請求項8】 請求項1から請求項5のうちいずれか1項に記載のフェライトであって、初磁化曲線が交差する位置の境界が、そのフェライト近傍の電磁レンズが発生する磁界と偏向器が発生する交流磁界の振幅の和の値とほぼ等しく設定されていることを特徴とするフェライト。

【請求項9】 請求項8に記載のフェライトであって、前記「ほぼ等しく設定」とは、偏向器を作動させたときに描かれるフェライトのB-Hカーブのローカルループの中心が、フェライトの温度変化によって変化しない値の近傍に設定されることを特徴とするフェライト。

【請求項10】 請求項1から請求項9のうちいずれか1項に記載のフェライトを有してなることを特徴とする荷電粒子線露光装置。

【請求項11】 請求項10に記載の荷電粒子線露光装置を使用して、マスク又はレチクルに設けられた回路パターンをウェハに露光転写する工程を有してなることを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、荷電粒子線露光装置に使用されるフェライト、それを使用した荷電粒子線露光装置、及びそれを使用した半導体デバイスの製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体素子の微細化に伴い、電子ビームに代表される荷電粒子線を使った露光装置が開発されている。電子ビームは光に比べビームの直進性が良いため、光より微細な形状を露光可能とされている。

【0003】図1に電子線露光装置の転写光学系の概略を示す。図1において1、2はレンズ、3はレチクル、4は感光基板面であるウェハ、5は散乱アパーチャ、6はシステム軸、7、8は偏向器、9、10はフェライトスタック、11は電子線の偏向軌道である。

【0004】フェライトスタックとは、非磁性フェライトと高透磁率のフェライトのリング積層からなるものである。リングはその目的から、レンズの軸と同じ軸に対して対称であり、その内半径、外半径、厚さ等は、与えられた条件を満たすように設計者によって適切に定められる。非磁性フェライトの部分は存在しなくても構わないが、組立精度の観点からは設けることが好ましい。本明細書で問題としているフェライトスタックの特性とは、高透磁率のフェライトの特性のことである。

【0005】図示されない照明光学系によりレチクル3が電子線で照射され、その上のパターンを通過した電子線が2つのレンズ1、2によりウェハ上に結像され、レチクル3上のパターンをウェハ4上に縮小転写する。レンズ1とレンズ2の間には、散乱線をカットするための散乱アパーチャ5が設けられている。偏向器7、8は、マスク3の所定の位置から出発した電子線が所定の電子線の偏向軌道11上に乗って、散乱アパーチャ5を通過しウェハ4の所定の位置に結像するように電子線を偏向させる他、像の歪みや収差を取り除く作用を行っている。

【0006】フェライトスタック9、10は、偏向器7、8が発生する交流磁場の影響により、レンズ1、2を構成する金属に渦電流が発生して、電子線への意図せぬ磁気作用を生起することを防ぐとともに、レンズの作成誤差によるレンズ磁場の形状を整える役目を担っている。また、フェライトはフェライトスタック9、10の他、電磁レンズが発生する磁場を効率よく光軸に作用させるため等、及び偏向器の芯等にも使用されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】特に、分割転写露光装置に代表される転写型電子線露光装置の場合、照明系及び転写系のビーム電流を比較的大きくして露光することにより高スループットを得ている。しかし、大きな電流で露光するためにはクーロン効果による像のボケを抑制



する必要がある。クーロン効果による像のボケを抑制するには、照射する電子線を比較的高い電圧で加速したり、転写光学系のレチクルとウェハの間の距離を短縮する必要がある。その結果、荷電粒子線の短い飛行の間に所定の縮小軌道や偏向軌道をとらせなくてはならず、そのためにレンズ及び偏向器に流れる電流を増加する必要がある。

【0008】また、分割転写露光装置に代表される転写型電子線露光装置の場合、高スループットを得るためには、できるだけ偏向領域を広げることにより、感応基板が機械的にスキップしたりスキャンを折り返したりする回数を減らし、感応基板ステージが静止または駆動するのにかかるオーバーヘッド時間を減少する必要がある。偏向距離は偏向器の励磁電流に比例するため、電子線に大偏向を与えるためには大きな励磁電流を偏向器に与えねばならない。

【0009】このようにレンズや偏向器などの要素は、より高いスループットの実現のために、より大きな電流を必要とする傾向があり、これによる発熱が少なからず存在する。露光動作中に要素の温度が変動した場合、これらを構成する材料の磁気特性に従って対応する磁場の形状に変動が起きる。よって、従来よりレンズや偏向器等の温度変化による誤差を所定値にするように設計上の努力が払われてきたが、発明者らの研究の結果、これらを小さくしても除ききれない温度変化による誤差があることが分かってきており、別の発生要因があるのではな

いかと考えられた。

【0010】本発明者らが、この原因を調査したところ、従来注意が払われてこなかった、偏向器とレンズの間に存在するフェライトスタック9、10をはじめとするフェライト類が、温度変化に伴い偏向器の偏向感度を著しく変化させ、感応基板における像の位置ずれやボケの増加などを起こすことが分かった。すなわち、従来はこれらのフェライト類を冷媒で冷却していたが、コイルの発熱は電子線を走査する周波数や、動的矯正により変化するため、冷媒による冷却のみでは、十分にフェライト類の温度変化を防ぐことができなかった。

【0011】本発明はこのような知見に基づいてなされたもので、温度が変化しても荷電粒子線の特徴に影響を与えないようなフェライト、像の位置ずれやボケの発生が小さい荷電粒子線露光装置、及びそれを使用した半導体デバイスの製造方法を提供することを課題とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するための第1の手段は、荷電粒子線露光装置に使用されるフェライトであって、異なる温度での初磁化曲線が、所望の磁界の値において互いに交差する特性を持つフェライト（請求項1）である。

【0013】図2に、異なる温度での初磁化曲線が交わる場合のB-Hカーブの例を示す。この例においては、

ある温度Tより温度が上昇してT'となると、飽和磁束密度が減少し、初透磁率は増加するので、初磁化曲線はP点で交わる。このP点は、T、T'の値が変化してもほとんど変化しない。このときの磁界の強さをH<sub>AC</sub>とする。

【0014】今、偏向器が作動した場合にこのフェライトに印加される磁界がH<sub>AC</sub>に等しいとし、振幅透磁率について考える。振幅透磁率とは、消磁状態にあるフェライトに時間平均値が0となるACの磁界を印加したときの磁束密度と磁界の強さの最大値から得られる透磁率を真空の透磁率で割ったものである。これは図2において、印加するAC磁界の振幅の値(H<sub>AC</sub>)における初磁化曲線上の場所Pから原点に直線を引き、その直線の傾きを真空の透磁率で割ったものに相当する。

【0015】ここで、実際の荷電粒子線露光装置においては、偏向器が、荷電粒子線を走査するために、このようなAC磁界を発生する。この偏向器の付近にフェライトスタックがあり、その温度が変動すると、それに伴ない透磁率が変動する。そのため、ビームの位置がドリフトしてしまい、露光に重大な影響を与える。この偏向器が発生するAC磁界の大きさはほぼ一定である。そのため、その偏向器が発生する磁界の値での振幅透磁率が温度変化しない様に、フェライトの特性を調整すれば、偏向器の温度安定性を向上させることができる。

【0016】すなわち、偏向器が発生する磁界の振幅がフェライトスタックの位置で前記H<sub>AC</sub>となるようにフェライトを選定すれば、振幅透磁率はフェライトの温度が稼働温度にある場合と、温度上昇した場合で変化がない。つまり、フェライトの温度変化が起こっても光軸上の磁束密度の変化がなく、電子やイオンビームに影響がない。

【0017】前記課題を解決するための第2の手段は、前記第1の手段であって、飽和磁束密度が温度の上昇により減少するものであり、初透磁率のセカンダリーピークがフェライトの稼働温度より高い温度に調整されていることを特徴とするもの（請求項2）である。

【0018】図3に一般的なフェライトの初透磁率(μ<sub>i</sub>)の温度特性を模式的に示す。初透磁率の温度特性は、図3に示すように2つのピークを有する。高いピークをプライマリーピーク、低いピークをセカンダリーピークと呼ぶ。プライマリーピークはキュリー点(T<sub>C</sub>)の直前で高い値を取り、その温度は材料に強く依存するが、例えば200℃程度である。このキュリー点はフェライトの材料やフェライトを焼成する際の条件により調整できる。同様にセカンダリーピークの位置と高さも、磁性材料の配合や焼成条件により自由に設定できる。そのため、プライマリーピークとセカンダリーピークの間の谷間のカーブの様子も調整できる。

【0019】セカンダリーピークがフェライトの稼働温度よりも高い温度に調整されているということは、温度

が稼働温度よりも上昇すれば初透磁率はそれにつれて上昇することを意味する。よって、このような材料で、飽和磁束密度が温度の上昇により減少する場合には、異なる温度での初磁化曲線は必ず互いに交差する。よって、磁性材料の配合や焼成条件を調整して両者が同時に満たされるようにすることにより、前記第1の手段を実現することができる。

【0020】ここで、初磁化曲線が交わる位置である図2の点Pの位置はセカンダリーピークの位置と高さを調整することにより任意の位置に設定できる。つまり、図3において、稼働温度付近における初透磁率を示すカーブの傾きの、温度変化による変化量を任意に設定できる。この傾きの変化量を大きくすれば、フェライトの温度変化があった場合、図2に示す初磁化曲線の原点での傾きが大きく変化する。そのため、温度が変化したときの初磁化曲線は磁界の強さがより強い点で、稼働温度の初磁化曲線と交わるようになる。つまり、磁界の振幅が大きい場合の振幅透磁率の値の温度変動を抑制することができるようになる。

【0021】一方、初磁化曲線の交わる位置は、図4に示す飽和磁束密度 $\mu_m$ の温度特性を調整することによっても調整できる。図4に示すように、フェライトの飽和磁束密度 $\mu_m$ は一般的に、温度が上昇すると減少する。この減少の傾き具合は、フェライト材料の配合や焼成条件により調整できる。この場合、前提としてセカンダリーピークの位置が稼働温度より高い位置にないと初磁化曲線は交差しない。その条件の下で、飽和磁束密度の温度特性の減少曲線の傾きを大きくするようにフェライトの材料や焼成条件を設定すると、図2に示す初磁化曲線の磁界の大きい領域の磁束密度の値は、温度上昇により大きく減少する。そのため、初磁化曲線が交わる点P位置を磁界の強さが小さい方向にシフトさせることができる。

【0022】前記課題を解決するための第3の手段は、前記第1の手段であって、飽和磁束密度が温度の上昇により減少するものであり、最大透磁率がフェライトの温度上昇につれて増加するものであることを特徴とするもの（請求項3）である。

【0023】最大透磁率とは、原点よりB-Hカーブに引いた接線の傾きから決まる透磁率を真空の透磁率で割った値である。フェライトの飽和磁束密度が温度の上昇により減少する場合、最大透磁率が温度の上昇につれて増加すれば、異なる温度での初磁化曲線は、図5に示すように必ず互いに交差する。なお、図5(a)に示すように、初磁化曲線が交差する点が2つあってもかまわない。

【0024】そして、最大透磁率とその温度による増加率を変化させることにより、初磁化曲線が交わる点を変化させることができる。最大透磁率とその温度による増加率は、フェライトの材料や焼成条件を適当に設定する

ことにより希望の値とすることができる。また、本手段においても、前記第2の手段において説明したと同様の理由により、初磁化曲線の交わる位置は、図4に示す飽和磁束密度 $\mu_m$ の温度特性を調整することによっても調整できる。

【0025】前記課題を解決するための第4の手段は、前記第1の手段であって、飽和磁束密度が温度の上昇により増加するものであり、初透磁率のセカンダリーピークがフェライトの稼働温度より低い温度に調整されていることを特徴とするもの（請求項4）である。

【0026】一般的にはフェライトの飽和磁束密度は温度の上昇により減少するが、その成分や焼成条件の選定によっては、温度の上昇により増加する場合がある。その場合には、そのフェライトの初透磁率のセカンダリーピークをフェライトの稼働温度より低い温度になるように調整すれば、初透磁率は温度の上昇と共に低下するので、図6に示すように、異なる温度での初磁化曲線は必ず互いに交差する。

【0027】よって、磁性材料の配合や焼成条件を調整して両者が同時に満たされるようにすることにより、前記第1の手段を実現することができる。なお、本手段においては、フェライトの稼働温度は初透磁率のセカンダリーピークとプライマリーピークの谷に相当する温度より低くなければならないが、通常の荷電粒子線露光装置において、フェライトの稼働温度がこのような温度より高くされることは無い。

【0028】前記課題を解決するための第5の手段は、前記第1の手段であって、飽和磁束密度が温度の上昇により増加するものであり、最大透磁率がフェライトの温度上昇につれて低下するものであることを特徴とするもの（請求項5）である。

【0029】この場合においても、異なる温度での初磁化曲線は必ず互いに交差する。よって、磁性材料の配合や焼成条件を調整して両者が同時に満たされるようにすることにより、前記第1の手段を実現することができる。

【0030】前記課題を解決するための第6の手段は、前記第1の手段から第5の手段のいずれかであって、初磁化曲線が交差する位置の磁界が、そのフェライト近傍の偏向器が発生する交差磁界の振幅位置とほぼ等しくされていることを特徴とするもの（請求項6）である。

【0031】本手段は、偏向器の近くに電磁レンズ等が無く、フェライトに印加される磁界が実質的に偏向器のみからのものである場合に有効である。このような場合には、前記第1の手段の説明で述べたように、偏向器が発生する磁界の振幅がフェライトスタックの位置で前記図2における $H_{ac}$ となるようにフェライトを選定すれば、振幅透磁率はフェライトの温度が稼働温度にある場合と、温度上昇した場合で変化がない。つまり、フェライトの温度変化が起こっても光軸上の磁束密度の変化が

なく、電子やイオンビームに影響がない。

【0032】前記課題を解決するための第7の手段は、前記第1の手段から第5の手段のいずれかであって、初磁化曲線が交差する位置の磁界が、そのフェライト近傍の電磁レンズが発生する磁界の値とほぼ等しく設定されていることを特徴とするもの（請求項7）である。

【0033】荷電粒子線露光装置内部のフェライトに作用する磁界は、偏向器が発生するAC磁場の他に、電磁レンズが発生するDC磁場もある。電磁レンズとは、コイルに直流電流を流し荷電粒子を集光するレンズである。この電磁レンズが磁場を発生し、それが光軸上に作る磁束密度は振幅透磁率とは関係ない。荷電粒子を偏向、集光する力はローレンツ力であり、磁束密度Bと電荷との外積で記述できる。つまり、DC磁場がフェライトに印加される場合については、荷電粒子に直接影響する磁束密度が温度に対し安定であるようにする必要がある。

【0034】図7はフェライトに電子レンズが発生するDCの磁界をまず印加し、その後偏向器がAC磁界を発生したときに発生する磁束密度を示している。フェライトの温度が稼働温度T'のとき、まず電子レンズによる磁界の強さが $H_{10c}$ であったとすると、フェライトは初磁化曲線に沿って磁化される。ここで、 $H_{10c}$ の値は温度変化したフェライトの初磁化曲線が交わる点Pよりも少し低い値とする。次に偏向器を励磁し、磁界 $H_{10c}$ を発生させると、フェライト内部におけるBHカーブは小さなヒステリシスループを描く。これをローカルループ（ローカルヒステリシスループ）と呼ぶ。

【0035】このループの縦軸の大きさが、この時にフェライト内部に発生する磁束密度であり、その値は実線のように変化する。ここで、フェライトの温度がT'に変化した場合、初磁化曲線が破線で示すものに変化するので、ローカルループも破線に示す位置に移動する。しかし、温度が異なる初磁化曲線が点Pで交わるため、温度が変化した場合のローカルループも、その形は変化しても中心位置はほとんど変化しない。そのため、光軸上の磁束密度の大きさも変動が少なく、ビームの位置が温度に対して安定する。

【0036】これに対し、温度が異なる初磁化曲線が交わる点Pの位置が、電磁コイルの発生するDC磁界と離れている場合を説明する。DC磁界の強さが $H_{10c}$ の場合、フェライトの温度変動により、初磁化曲線の位置が大きく変化するため、偏向器によるローカルループの中心位置もそれに伴って大きく移動する。つまり、フェライト内部のローカルループの磁束密度の中心位置が $B_1$ から $B_2$ に大きく変化し、光軸上の磁束密度もそれに伴って大きく変動する。結果としてビームの位置ずれを引き起こし、露光に重大な影響を与える。

【0037】なお、本手段及び後記第8の手段において「ほぼ等しく」とは、前記ローカルループの磁束密度の

中心位置のずれが、露光装置の特性上問題とならない範囲を意味し、その値は、荷電粒子線の設計条件に応じて当業者が容易に決定することができる。

【0038】また、本手段は、電磁レンズと偏向器の位置が離れており、偏向器の影響が無い場合にも適用することができ、その場合には、フェライトの温度変化による電磁レンズの特性の変化を小さくすることができる。この場合には、初磁化曲線が交差する位置の磁界の値は、そのフェライト近傍の電磁レンズが発生する磁界の値になるべく近くすることが好ましい。

【0039】前記課題を解決するための第8の手段は、前記第1の手段から第5の手段のいずれかであって、初磁化曲線が交差する位置の磁界が、そのフェライト近傍の電磁レンズが発生する磁界と偏向器が発生する直流磁界の和の値とほぼ等しく設定されていることを特徴とするもの（請求項8）である。

【0040】本手段は、前記第7の手段において、偏向器からも直流磁界が発生しているような場合に有効である。その作用効果は、前記第7の手段で説明したものと同じであるので、説明を省略する。

【0041】前記課題を解決するための第9の手段は、前記第8の手段であって、前記「ほぼ等しく設定」とは、偏向器を作動させたときに描かれるフェライトのB-Hカーブのローカルループの中心が、フェライトの温度変化によって変化しない値の近傍に設定されることを特徴とするもの（請求項9）である。

【0042】図7からも分かるように、ローカルループは、DC磁界を与えた点からAC磁界の振幅分だけ初透磁率曲線状を移動（図では右上に移動）した点を起点として開始され、初透磁率曲線からは離れたカーブとなる。最初のAC励磁が磁界を強める方向に印加されれば、図に示すように初透磁率のカーブの上側にローカルループが形成される。よって、図7における $H_{10c}$ の値を、P点に対応する磁界にしておくと、フェライトの温度が変化したとき、ローカルループの中心が変化する。よって、図7においては、 $H_{10c}$ の値を、P点に対応する磁界よりも小さくすることにより、温度が変化したときにも、ローカルループの中心が変化しないようにしている。

【0043】同様、最初のAC励磁が磁界を弱める方向に印加されれば、 $H_{10c}$ の値を、P点に対応する磁界よりも小さくすることにより、温度が変化したときにも、ローカルループの中心が変化しないようにしなければならない。

【0044】本手段によれば、ローカルループの中心がフェライトの温度変化によって変化しない値の近傍に、直流磁界の値がくるように設定されているので、そのため、光軸上の磁束密度の大きさも変動が少なく、ビームの位置が温度に対して安定する。なお、「変化しない値の近傍」とは、前記ローカルループの磁束密度の中心位

置のずれが、露光装置の特性上問題とならない範囲を意味し、その値は、荷電粒子線の設計条件に応じて当業者が容易に決定することができる。

【0045】前記課題を解決するための第10の手段は、前記第1の手段から第9の手段のうちいずれかを有してなることを特徴とする荷電粒子線露光装置（請求項10）である。

【0046】本手段においては、フェライトの温度変化によって荷電粒子線光学系が受ける影響が小さいので、感応基板における像の位置ずれやボケの増加などを防止10 することができる。よって、露光転写精度を高めることができる。

【0047】前記課題を解決するための第11の手段は、前記第10の手段である荷電粒子線露光装置を用いて、マスク又はレチクルに設けられた回路パターンをウェハに露光転写する工程を有してなることを特徴とする半導体デバイスの製造方法（請求項11）である。

【0048】本手段においては、正確な露光転写を行なうことができるので、微細なパターンを有する高集積度の半導体を歩留良く製造することができる。

【0049】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態の例を図を用いて説明する。図1は本発明の実施の形態の1例である電子線露光装置の概要を示すものであり、本実施の形態は、フェライトスタックが特殊なものである他は、従来のものと代わるところは無い。図1において1、2はレンズ、3はレチクル、4は感応基板面であるウェハ、5は散乱アパーチャ、6はシステム軸、7、8は偏向器、9、10はフェライトスタック、11は電子線の偏向軌道である。

【0050】図示されない照明光学系によりレチクル3が電子線で照射され、その上のパターンを通過した電子線が2つのレンズ1、2によりウェハ上に結像され、レチクル3上のパターンをウェハ4上に縮小転写する。レンズ1とレンズ2の間には、散乱線をカットするための散乱アパーチャ5が設けられている。偏向器7、8は、マスク3の所定の位置から出発した電子線が所定の電子線の偏向軌道11上に受けて、散乱アパーチャ5を通過しウェハ4の所定の位置に結像するように電子線を偏向させる他、像の歪みや収差を取り除く作用を行っている。

【0051】フェライトスタック9、10は、偏向器7、8が発生する交流磁場の影響により、レンズ1、2を構成する金属に渦電流が発生して、電子線への意図せぬ磁気作用を生起することを防ぐとともに、レンズの作成誤差によるレンズ磁場の形状を整える役目を担っている。このようにフェライトはフェライトスタック9、10の他、電磁レンズが発生する磁場を効率的に光軸に作用させるために使用されている。

【0052】図1におけるフェライトスタック9には、

レンズ1より図7の $H_{loc}$ に相当する直流磁場が作用しており、偏向器7により図7の $H_{acc}$ に相当する交流磁場が作用している。このフェライトスタック9に使用されるフェライトは、温度上昇により飽和磁束密度が低下し、初透磁率が増加するものが選定されており、その結果、フェライトの温度が稼働温度 $T$ より $T'$ に変化すると、初透磁率曲線は図7の実線から破線のように変化するが、両者は点Pで交わる。このフェライトは、その成分と焼成条件を調整することにより、点Pに対応する磁界が、前記直流磁場 $H_{loc}$ よりも少し高い値になるように作られている。

【0053】そのため、露光状態において偏向器による交流磁場 $H_{acc}$ が作用すると、磁界が $H_{loc}$ を中心とする、実線で示すようなローカルループができる。温度が $T'$ に変化した場合、ローカルループは破線で示すようになるが、その中心は、実線で示したものからほとんど変化しない。よって、フェライトスタック9の温度が変化しても、電子線光学系に与える影響は極僅かである。なお、フェライトスタック10も同じような設計思想でフェライトを選定して使用している。

【0054】このように、本実施の形態においては、フェライトスタック9、10の温度が変化しても、それが電子線光学系に与える影響が小さいので、ウェハ面における像の位置ずれやボケの増加などを防止することができる。よって、微細なパターンであっても正確に露光転写を行なうことができる。

【0055】以下、本発明に係る半導体デバイスの製造方法の実施の形態の例を説明する。図8は、本発明の半導体デバイス製造方法の一例を示すフローチャートである。この例の製造工程は以下の各主工程を含む。

- ①ウェハを製造するウェハ製造工程（又はウェハを準備するウェハ準備工程）
- ②露光に使用するマスクを製作するマスク製造工程（又はマスクを準備するマスク準備工程）
- ③ウェハに必要な加工処理を行うウェハプロセスング工程
- ④ウェハ上に形成されたチップを1個ずつ切り出し、動作可能にらしめるチップ組立工程
- ⑤できたチップを検査するチップ検査工程

なお、それぞれの工程はさらにいくつかのサブ工程からなっている。

【0056】これらの主工程の中で、半導体のデバイスの性能に決定的な影響を及ぼす主工程がウェハプロセスング工程である。この工程では、設計された回路パターンをウェハ上に順次積層し、メモリやMPUとして動作するチップを多数形成する。このウェハプロセスング工程は以下の各工程を含む。

- ①絶縁層となる誘電体薄膜や配線部、あるいは電極部を形成する金属薄膜等を形成する薄膜形成工程（CVDやスパッタリング等を用いる）

②この薄膜層やウェハ基板を酸化する酸化工程

③薄膜層やウェハ基板等を選択的に加工するためにマスク(レチクル)を用いてレジストのパターンを形成するリソグラフィー工程

④レジストパターンに従って薄膜層や基板を加工するエッチング工程(例えばドライエッチング技術を用いる)

⑤イオン・不純物注入拡散工程

⑥レジスト剥離工程

⑦さらに加工されたウェハを検査する検査工程

なお、ウェハプロセッシング工程は必要な層数だけ繰り返す(10)返しを行い、設計通り動作する半導体デバイスを製造する。

【0057】図9は、図8のウェハプロセッシング工程の中核をなすリソグラフィー工程を示すフローチャートである。このリソグラフィー工程は以下の各工程を含む。

①前段の工程で回路パターンが形成されたウェハ上にレジストをコートするレジスト塗布工程

②レジストを露光する露光工程

③露光されたレジストを現像してレジストのパターンを得る現像工程 (20)

④現像されたレジストパターンを安定化させるためのアニール工程

以上の半導体デバイス製造工程、ウェハプロセッシング工程、リソグラフィー工程については、周知のものであり、これ以上の説明を要しないであろう。

【0058】本実施の形態においては、露光工程に、実施の形態で示したような電子線露光装置を使用しているので、微細なパターンを正確に露光転写することができ、高集積度の半導体デバイスを歩留良く製造することが可能である。 (30)

【0059】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のうち請求項1に係る発明においては、フェライトの温度変化が起こっても光軸上の磁束密度の変化を無くすることができ、電子やイオンビームへの影響を防止することができる。請求項2に係る発明から請求項5に係る発明においては、確実に請求項1にかかる発明を実現することができる。

【0060】請求項6に係る発明においては、フェライトに印加される磁界が実質的に偏向器のみからのものである場合に、フェライトの温度変化が起こっても光軸上の磁束密度の変化を無くすることができ、電子やイオン (40)

ビームへの影響を防止することができる。

【0061】請求項7に係る発明から請求項9に係る発明においては、偏向器を作動させたとき、ローカルループの中心位置の変化が小さいので、フェライトの温度変化が起こっても光軸上の磁束密度の変化を無くすることができ、電子やイオンビームへの影響を防止することができる。

【0062】請求項10に係る発明においては、感応基板における像の位置ずれやボケの増加などを防止することができるので、露光転写精度を高めることができる。請求項11に係る発明においては、微細なパターンを有する高集積度の半導体を歩留良く製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の、及び本発明の実施の形態の一例である電子線露光装置の概要を示す図である。

【図2】フェライトの初磁化曲線の温度に応じた変化の例を示す図である。

【図3】フェライトの初透磁率の温度による変化の例を示す図である。

【図4】フェライトの飽和磁束密度の温度による変化の例を示す図である。

【図5】フェライトの初磁化曲線と最大透磁率の温度に応じた変化の例を示す図である。

【図6】フェライトの飽和磁束密度が温度に応じて増加し、初透磁率が温度に応じて低下する場合の初磁化曲線の例を示す図である。

【図7】直流磁場と交流磁場が重畳された場合の、フェライトにおけるローカルループの状態を示す図である。

【図8】本発明の半導体デバイス製造方法の一例を示すフローチャートである。

【図9】リソグラフィプロセスを示すフローチャートである。

【符号の説明】

1…2…レンズ

3…レチクル

4…感応基板面であるウェハ

5…散乱アーチャー

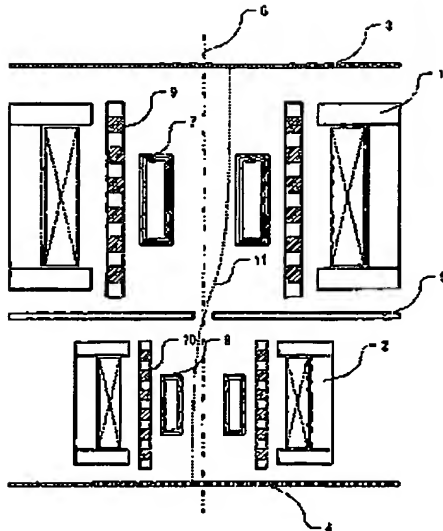
6…システム軸

7、8…偏向器

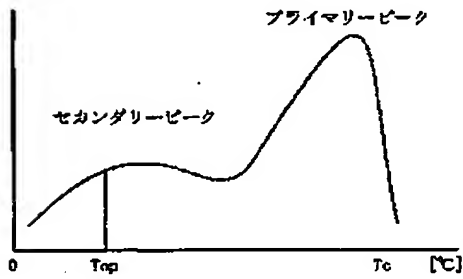
9、10…フェライトスタック

11…電子線の偏向軌道

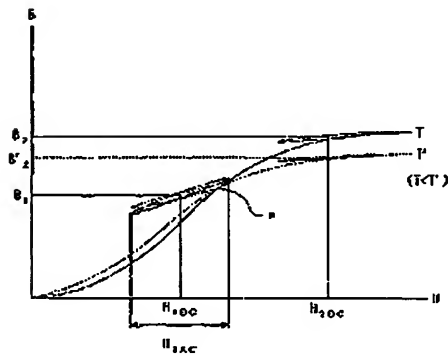
【図1】



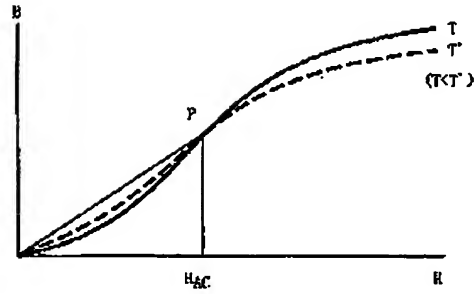
【図3】



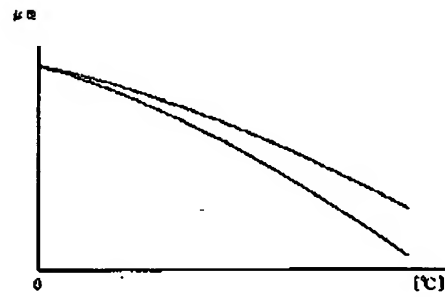
【図7】



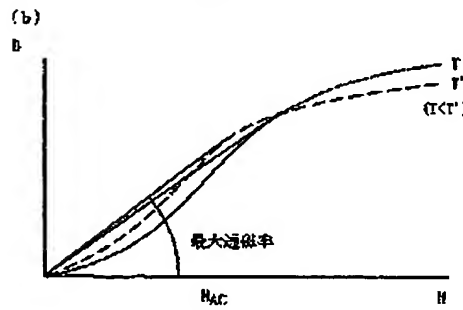
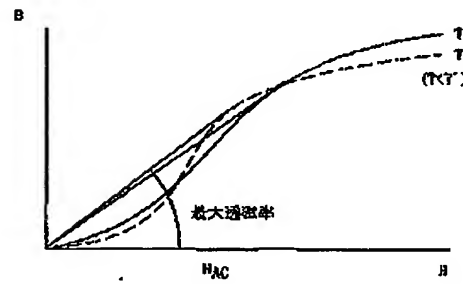
【図2】



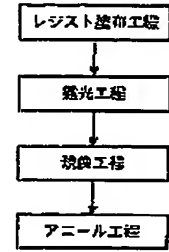
【図4】



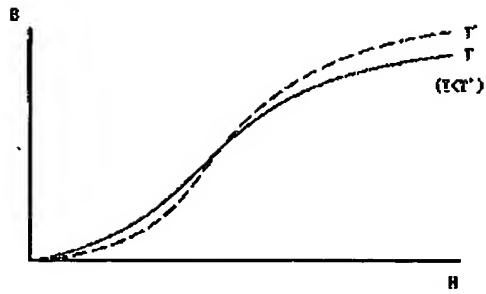
【図5】



【図9】



【図6】



【図8】

